

黒潮上流域における 衛星軌道沿いの流速値の比較

渡慶次亮子(九大院総理工)

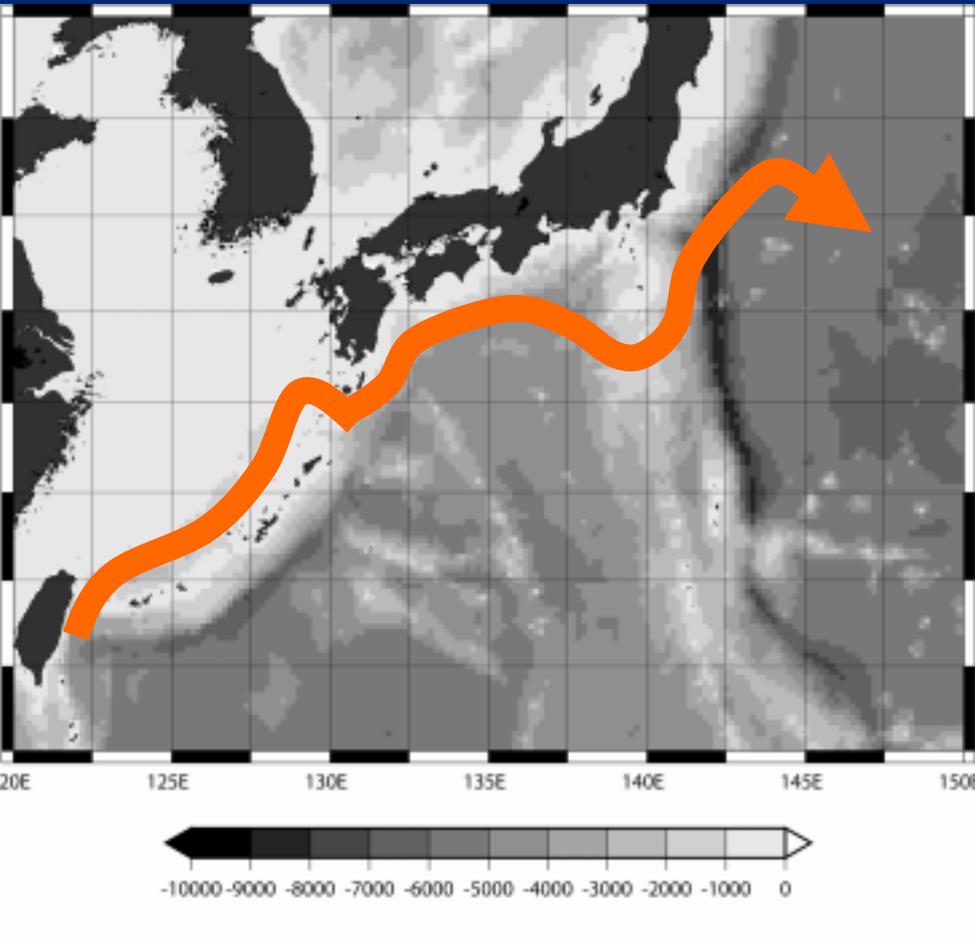
市川香(九大応力研, JAMSTEC)

藤井智史(琉大工)

佐藤健治(NICT)

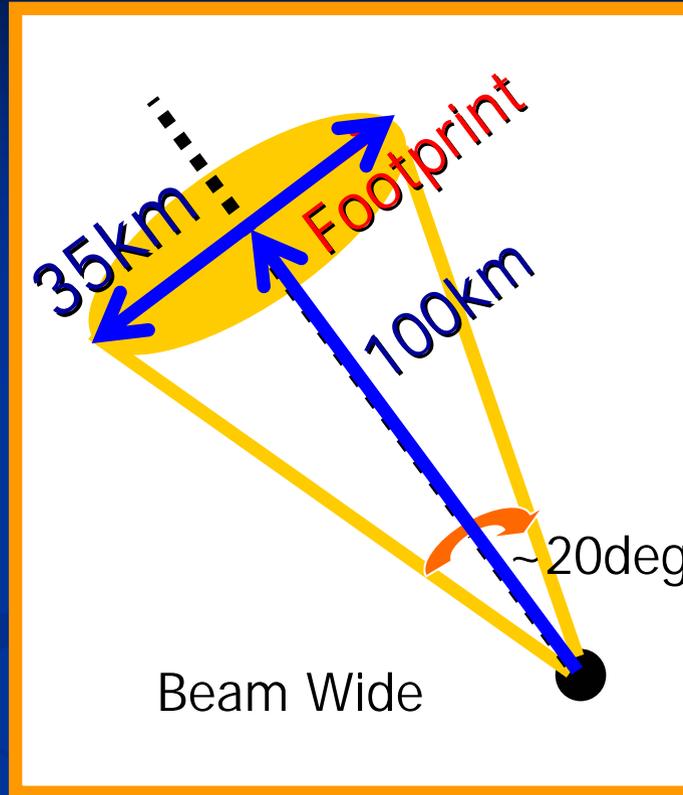
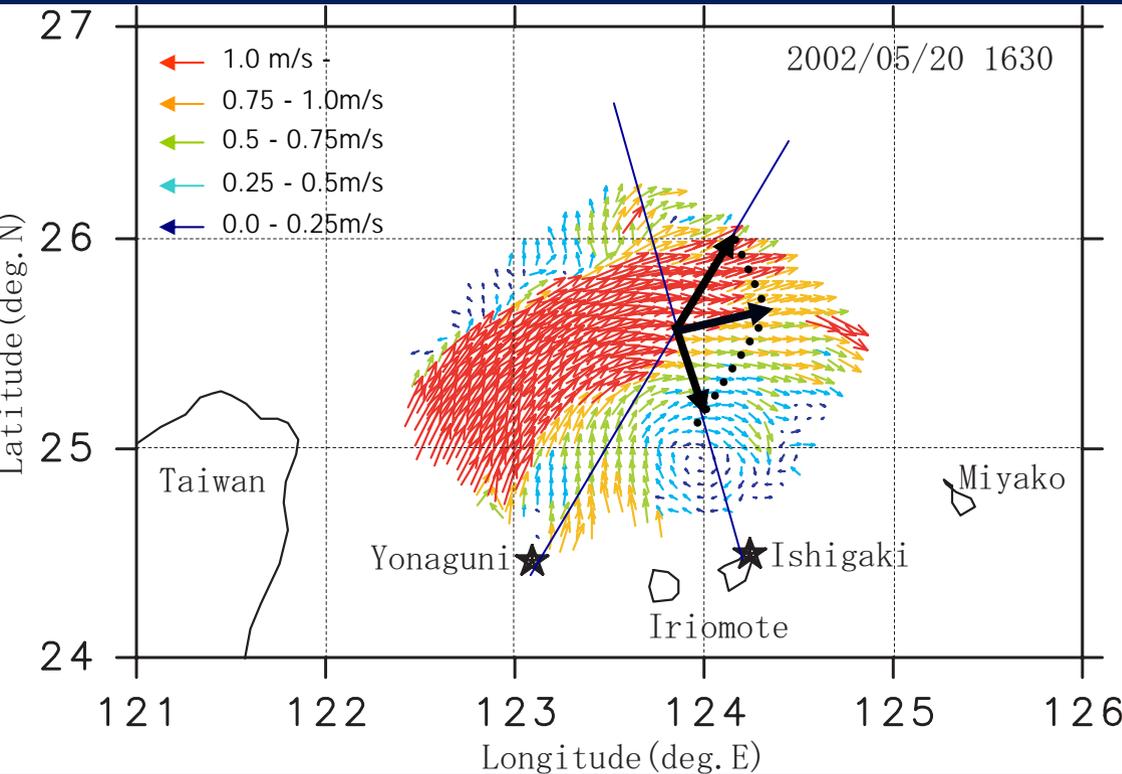
児島正一郎(NICT)

黒潮上流域



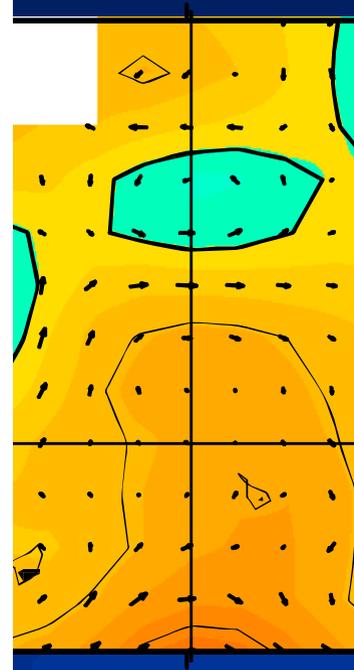
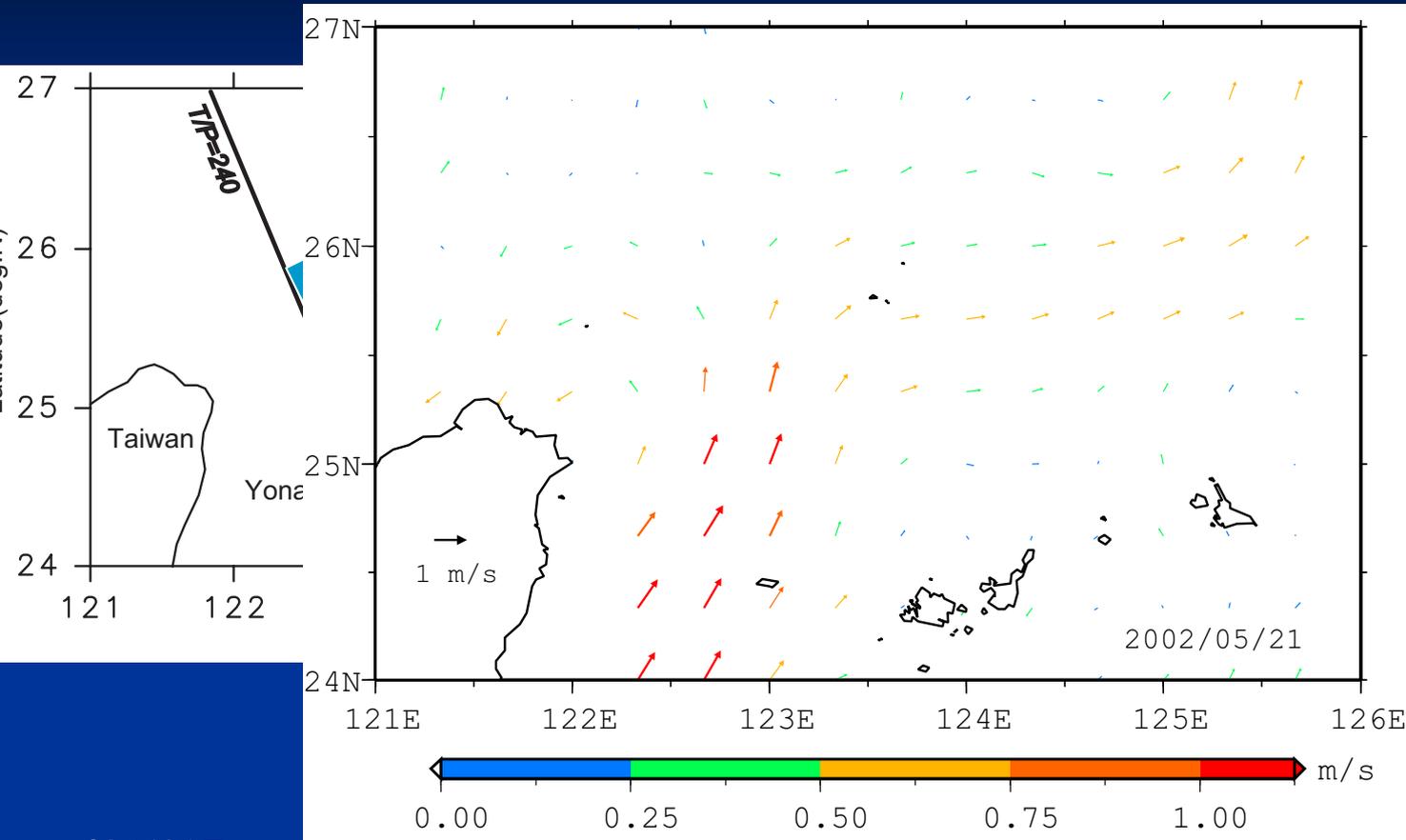
- 北太平洋の西岸境界流
 - 台湾東方より**東シナ海**に流入
 - 莫大な**水**と**熱量**を運ぶ
- 黒潮の特徴
 - 流れが速い
 - 幅は狭いが、流下方向に長い
- 上流域の擾乱が下流域に伝播
 - 黒潮のモニタリングが必要

HFレーダによる表面流速計測



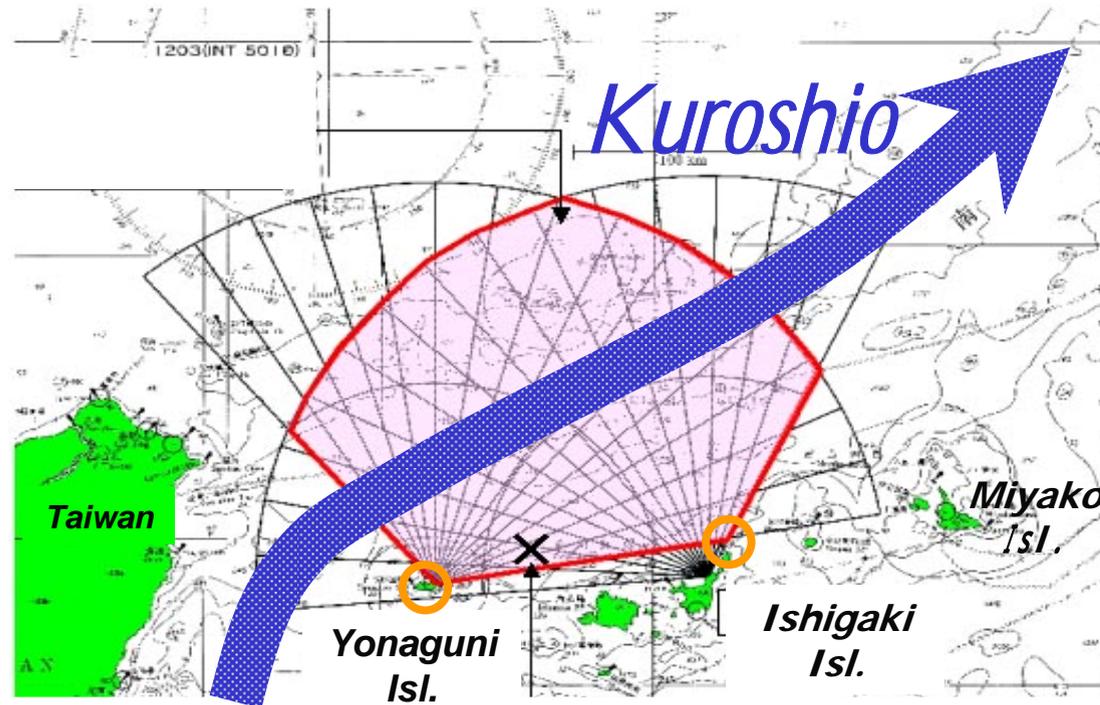
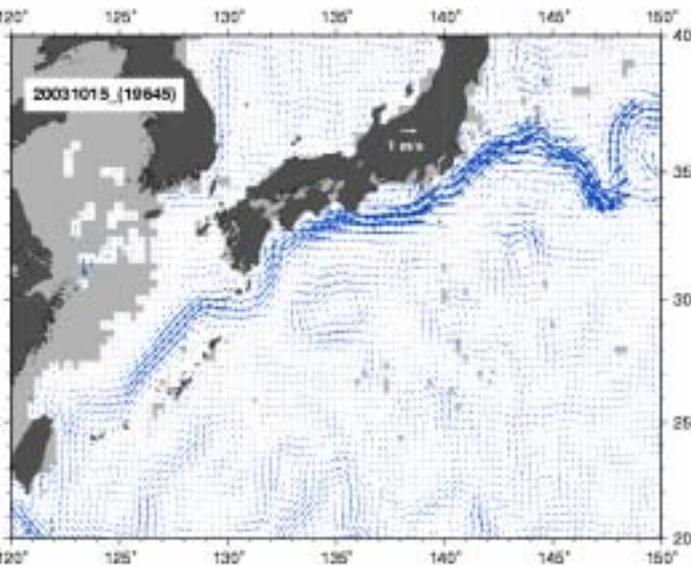
- レーダ局から視線方向の表面流速のみを計測
- 地衡流速以外に, 潮流や吹送流などの非地衡流成分も含んでいる
- 観測範囲が限定されている
- Footprint の空間平滑化がかかる
 - レーダ送受信局から遠いほど, 空間平滑化距離が大きい
 - * 全体的に, 複雑な空間平滑化がほどこされている

高度計による地衡流観測



- 軌道沿いの海面高度偏差 (SSHA) から、軌道に且交方向の地衡流偏差を計測
- SSHAの最適内挿によって、面的に一様なデータを算出
 - 軌道間隔より細かい現象は見えなくなる
- 漂流ブイなどと組み合わせないと絶対流速が推定できない

二つの観測の併用



海面高度計と漂流ブイによって得られた絶対流速場
広域・長期間の観測

2001/7 - 現在

総合通信研究機構(NICT)のHFレーダ
高分解能の観測

両者の流速を併用して 里潮をマッピング

HFレーダと高度計の流速

- 両者は計測している物理量が異なる
 - 海面高度計: 海面力学高度から求める**表層の地衡流速**
 - HFレーダ: 風波の位相速度から求める, **ごく表面の流速**
- 時空間分解能を合わせると, 両者の流速はどのくらい異なるのか?

両者の流速を比較してみる!

格子化された流速データと処理

■ HFレーダのデータ

- 情報通信研究機構(NICT)による格子化データ
 - * 7km, 30分おき
 - * 2001年7月から2004年3月までの2.5年

■ 地衡流速と比較するために

- 日平均ベクトルを求めて, 2.5年平均からの偏差を算出
- 約10日の平均値を算出
- 高度計格子上の点に抽出

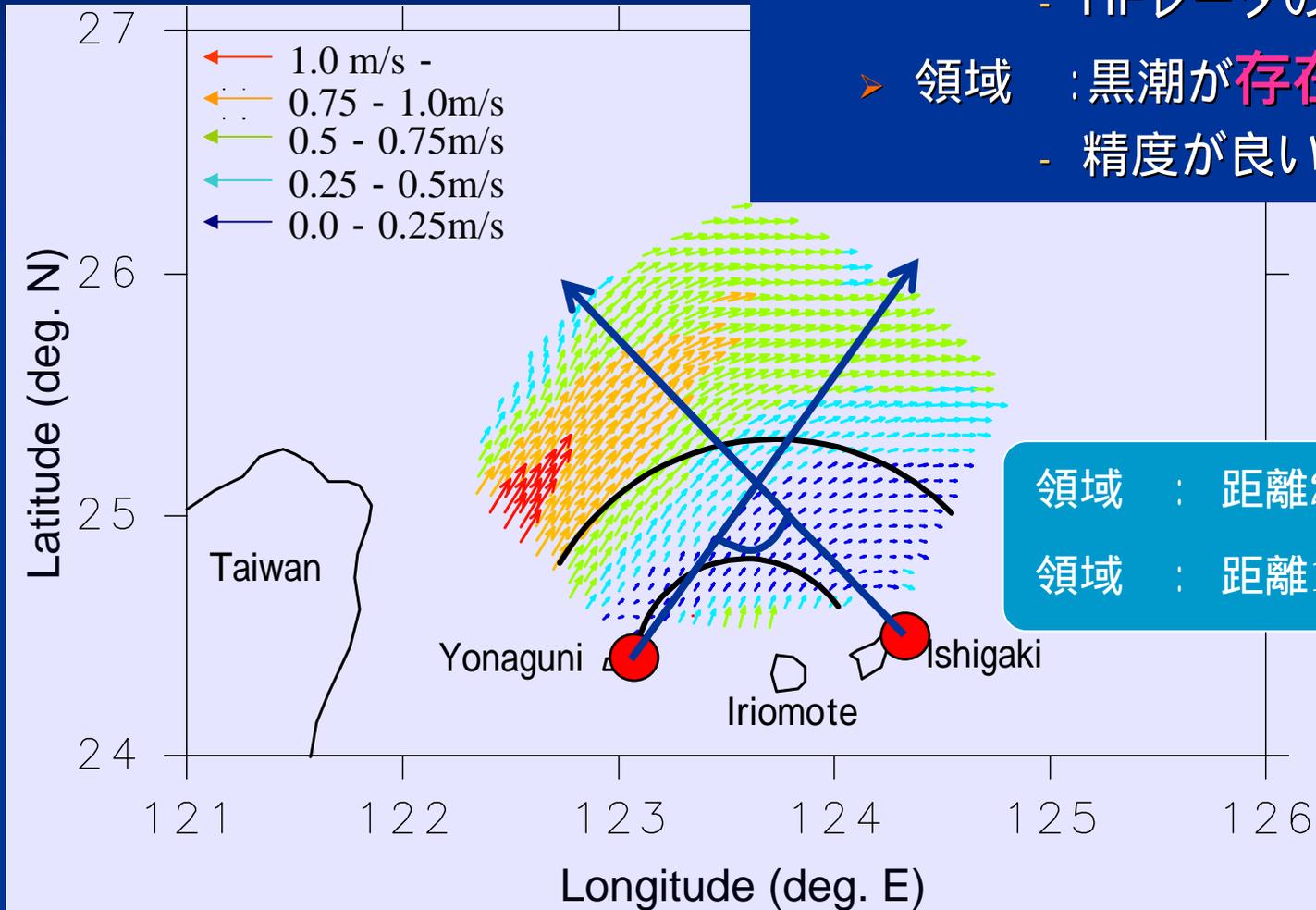
■ 高度計のデータ

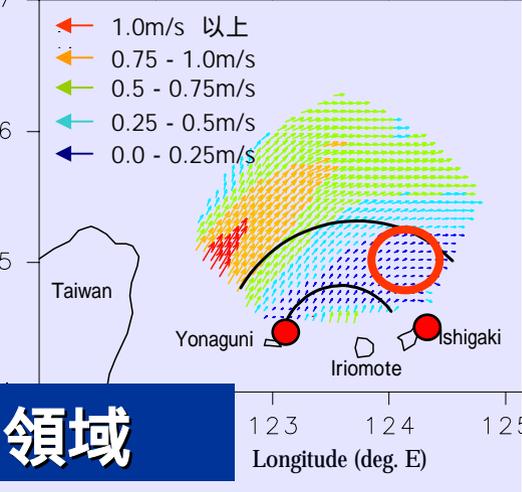
- T/P, Jason-1, ERS-2, Envisat軌道沿いの海面力学高度偏差 (AVISO提供) を最適内挿によって格子化
 - * $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 10日おき
 - * 期間はHFデータと同じ
- 格子点上で地衡流速を算出

比較の前に...領域の分割

■ 黒潮の存在領域で分ける

- 領域 : 黒潮が**存在する**
 - * 2.5年平均流速が**速い**
 - HFレーダの**精度が悪い**
- 領域 : 黒潮が**存在しない**
 - **精度が良い**





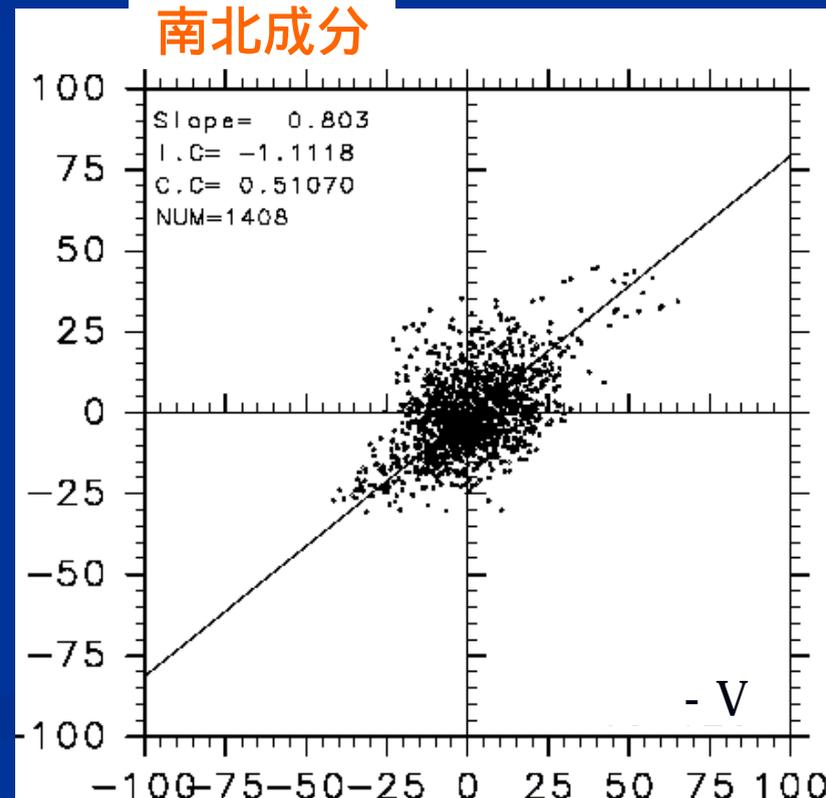
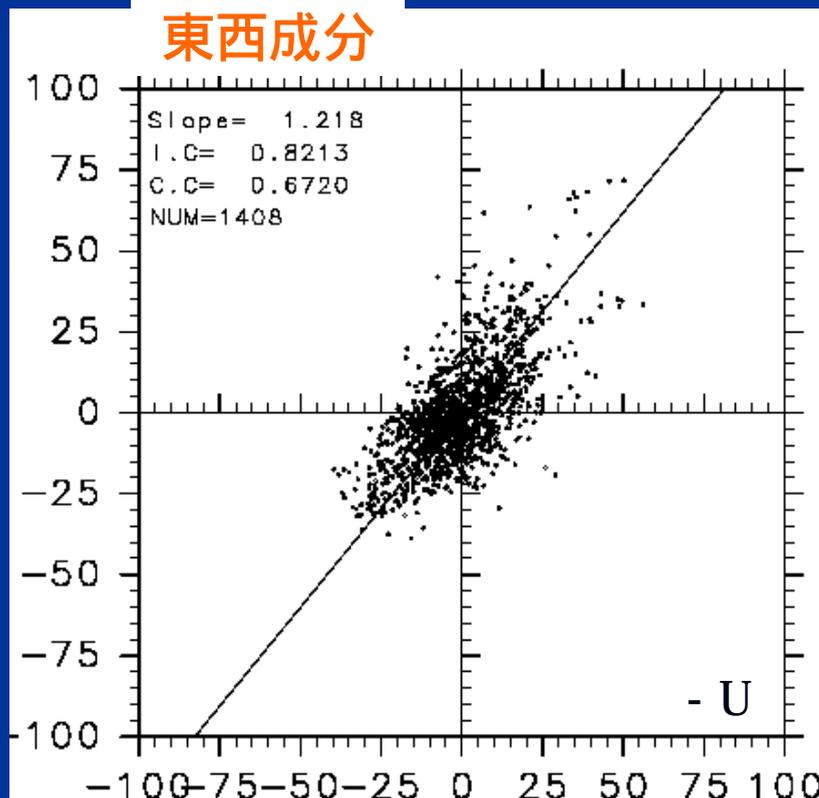
領域

- 黒潮が仔住しない領域
- HFレーダの**精度が良い**領域

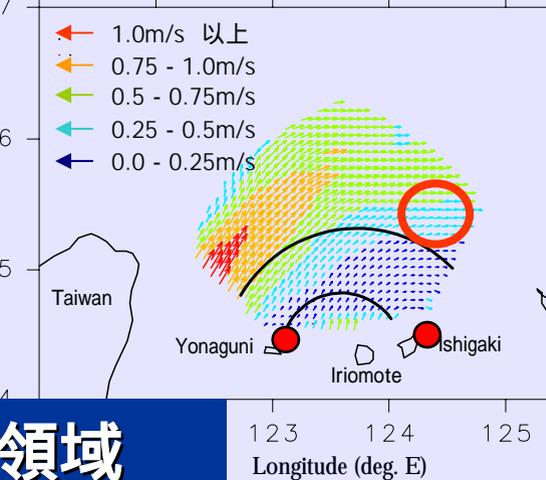
- 両者の流速分布から、回帰直線を求めた

- **相関係数**は、東西成分、南北成分ともに**約0.5 ~ 0.7**
- **傾き**は、東西成分、南北成分ともに**ほぼ1**

HF表面流速(cm/s)



地衡流速(cm/s)



領域

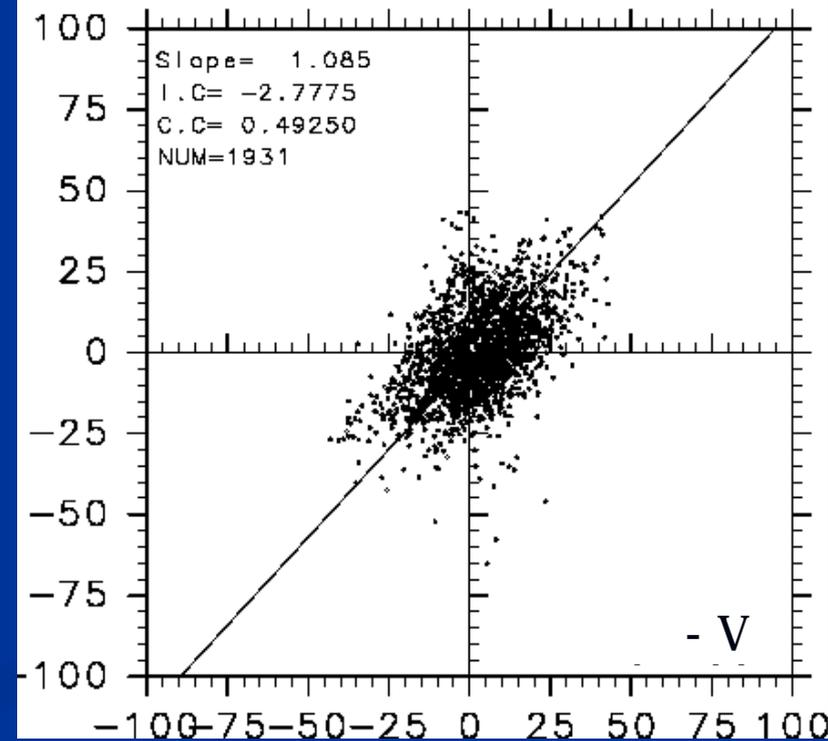
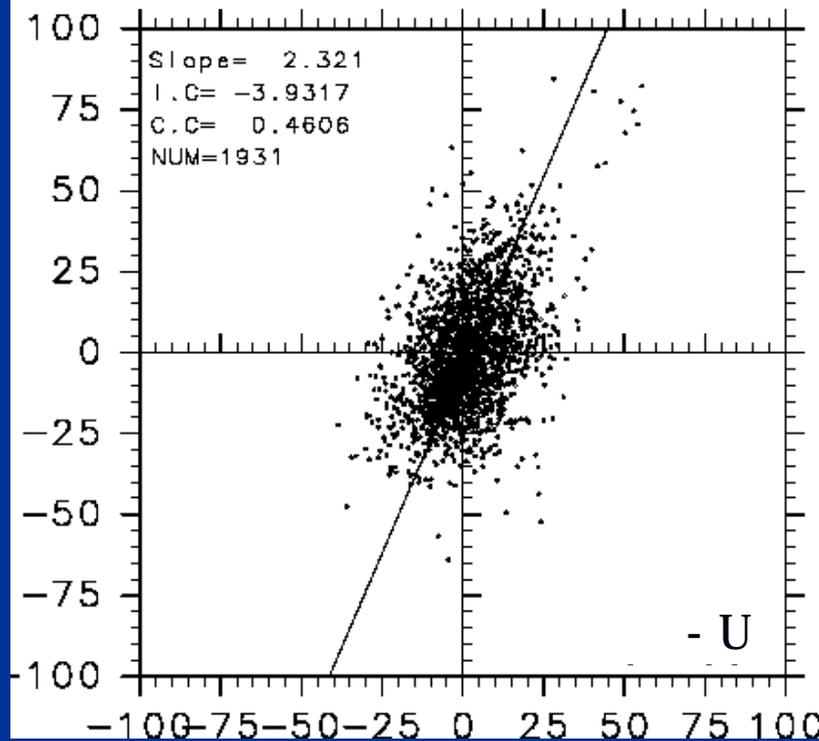
- 黒潮が存在する領域
- HFレーダの精度はやや悪い領域

- 両者の流速分布から、回帰直線を求めた
 - 相関係数は、東西成分、南北成分ともに約0.5
 - 傾きは、東西成分が2を越える

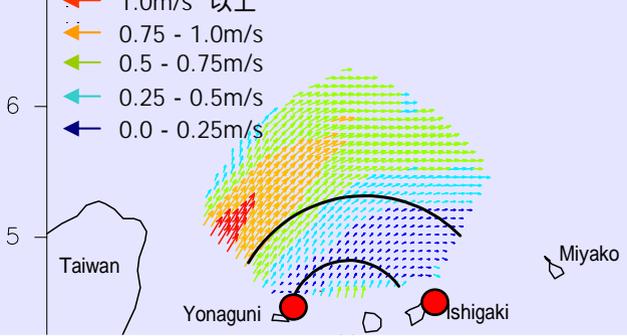
HF表面流速(cm/s)

東西成分

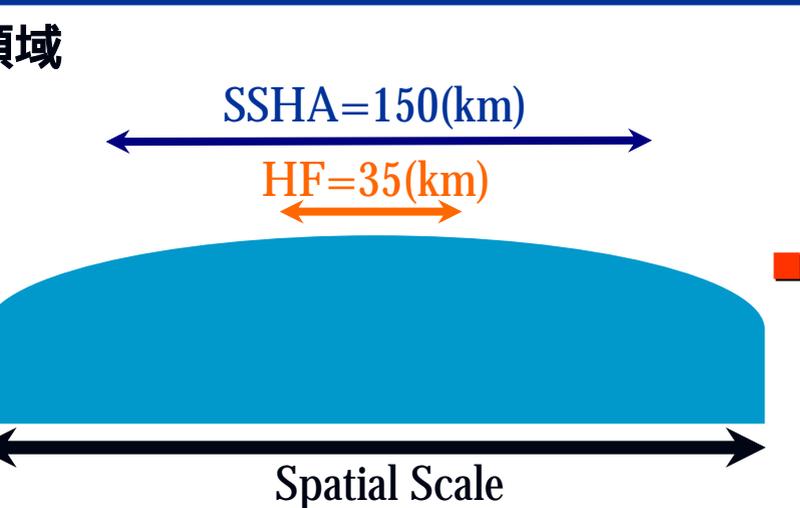
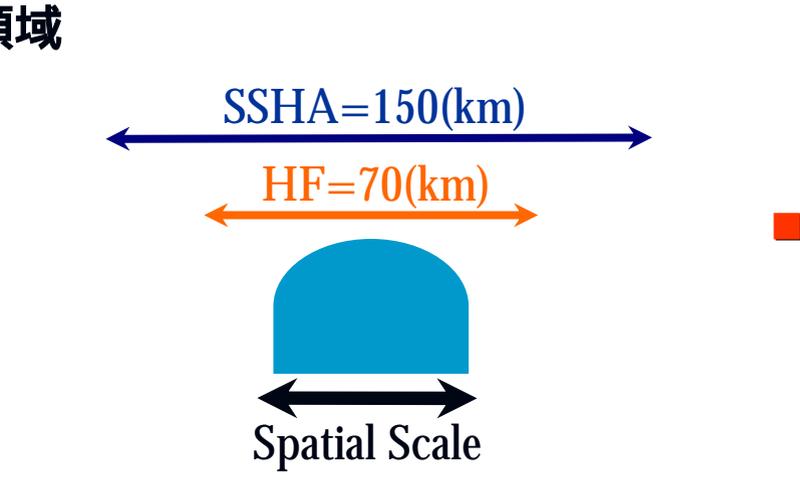
南北成分



地衡流速(cm/s)



回帰直線の傾きの違い

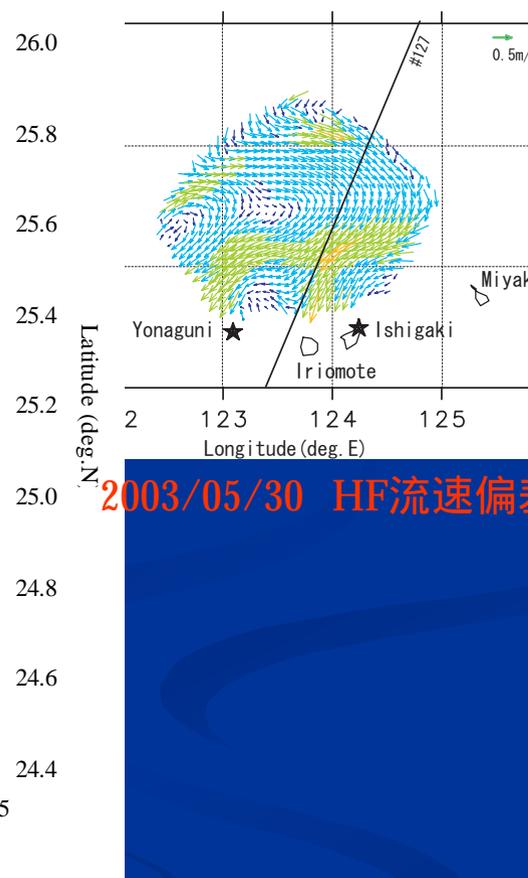
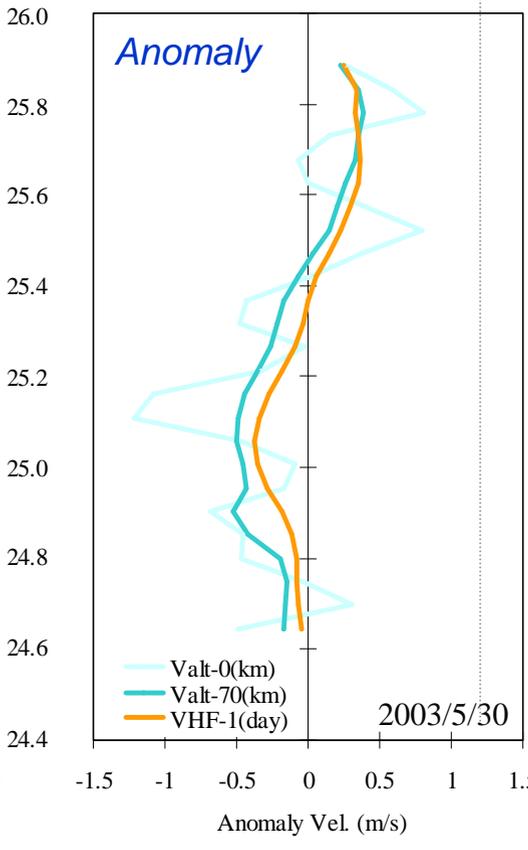
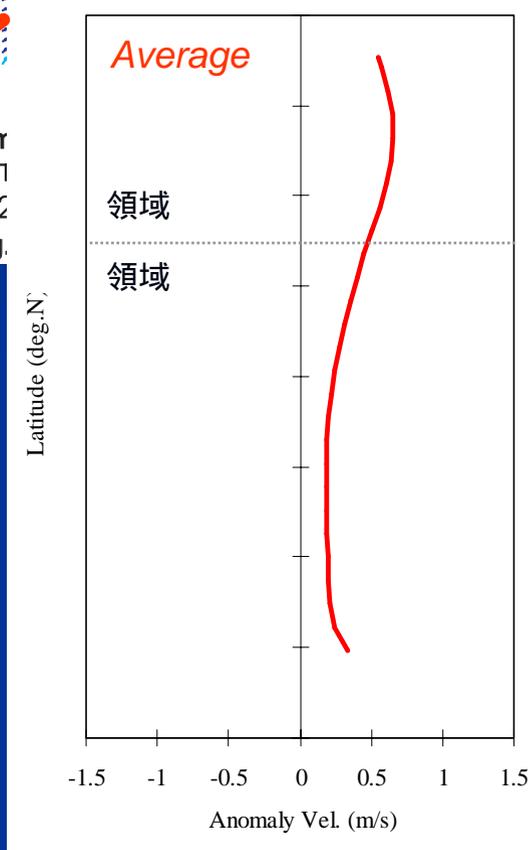
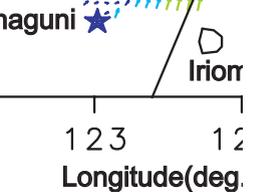
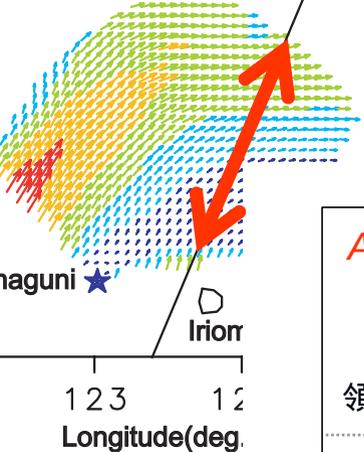


- 領域Iでは、HF流速にさらに平滑化がかかるのに、回帰直線の傾きが大きくなる
- 領域IIによって現象の空間スケールが異なる
 - 領域I : 両者の平滑化スケールより大きい
 - * ともに平滑化があまり効かない
 - 領域II : 両者の平滑化スケールより小さい
 - * ともに平滑化がかかる
- 領域IIIでは、地衡流速がより過小評価されている可能性
 - 格子化によるSSHAの平滑化の影響

軌道沿いの両者の比較

- 高度計のSSHAの空間内挿の影響を排除
- 衛星軌道沿いに限定して両者を比較
 - 地衡流速: 軌道上のSSHAから地衡流速 ($V_{alt.}$) を算出
 - * 軌道に直交する成分のみ
 - HF流速: 日平均流速の2.5年偏差を軌道上に線形内挿
 - * 地衡流速に合わせて, 直交成分 (V_{HF}) を抽出
 - 期間は2001年7月から2004年3月までの2.5年

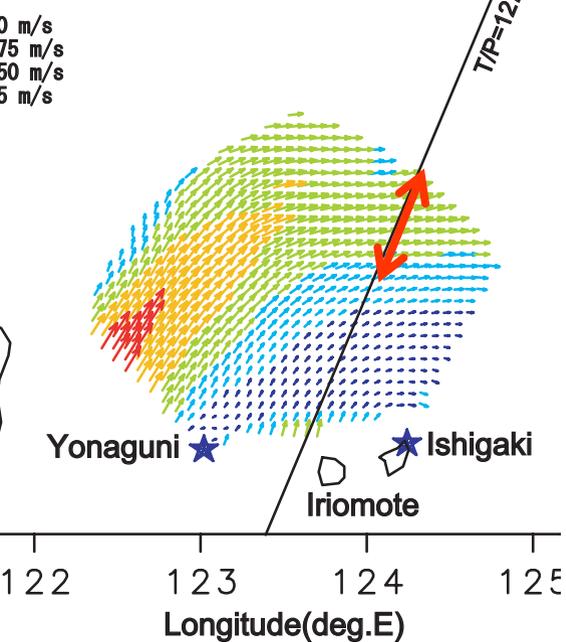
直交流速成分の例



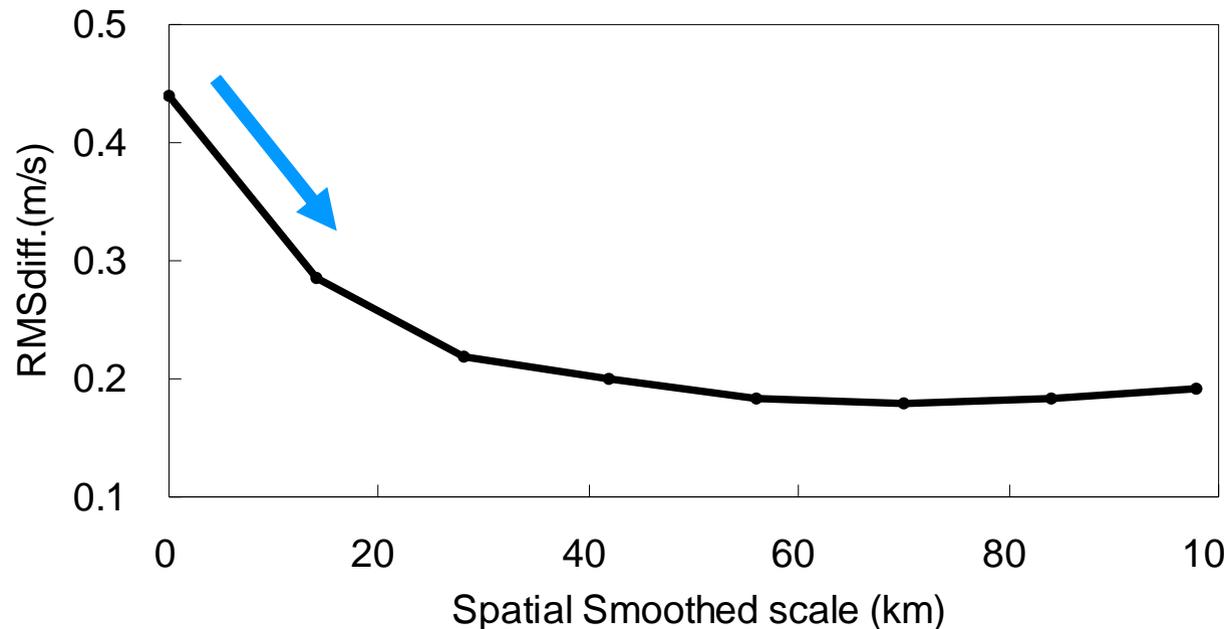
ある日 (2003/5/30)の軌道沿いの V_{HF} と V_{alt} のプロット

- HF流速の空間スケールは大きい
- SSHAから求めた地衡流速には、非現実的な小スケールの流れが存在
 - * 単一のSSHA測定に含まれるノイズ

軌道沿いに の移動平均で のノイズを除去すると、両者の流速値は似る

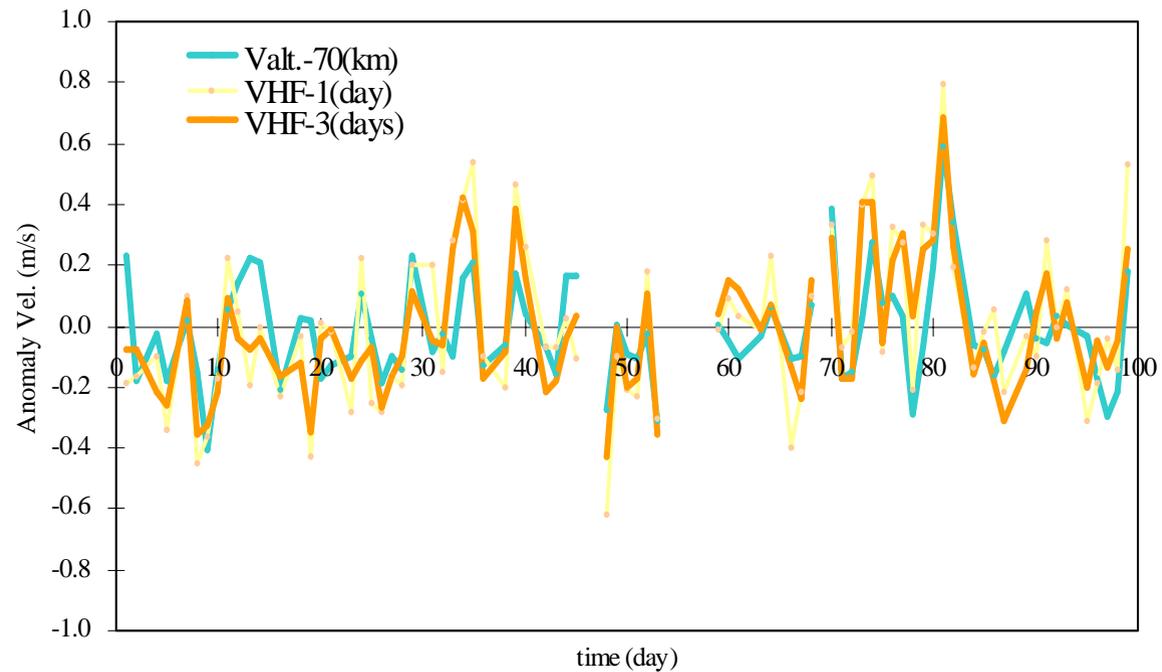
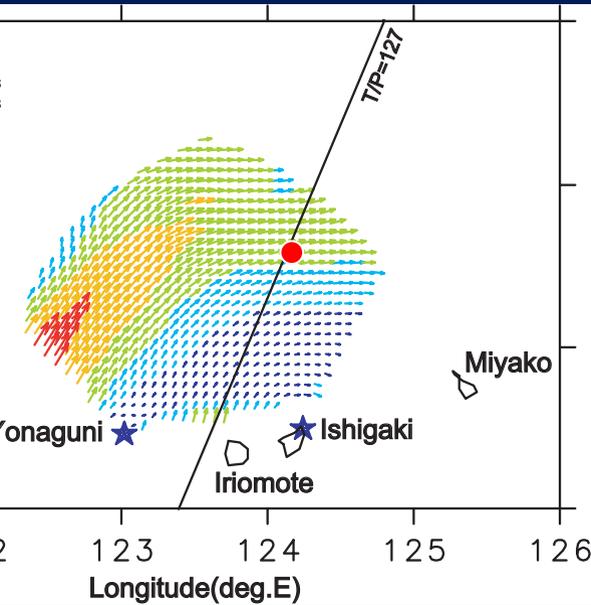


黒潮領域の空間スケール



- SSHAを軌道沿いに空間平均することによって、両者の差のRMSは減少する
- ただし、平滑化をかけすぎると、差のRMSは増加を始める
- 最小値はSSHAを75kmくらい平滑化したとき
 - HFのFootprintの距離と同じ

平均日数による違い



空間スケールをFootprintの距離にすると、誤差が小さくなった

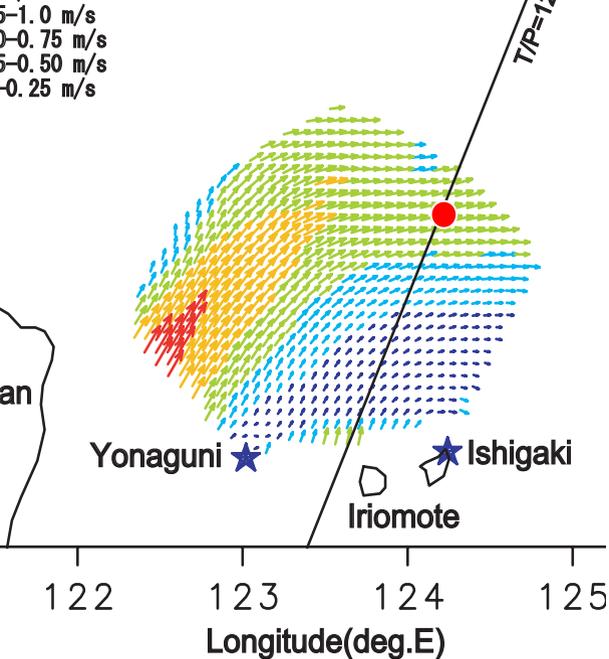
- 格子化した流速値での結果から期待される通り
- ただし、10日平均と軌道沿いの1日平均流速の違い
 - * HF流速に非地衡流成分が残る

HF流速の平均日数を変える

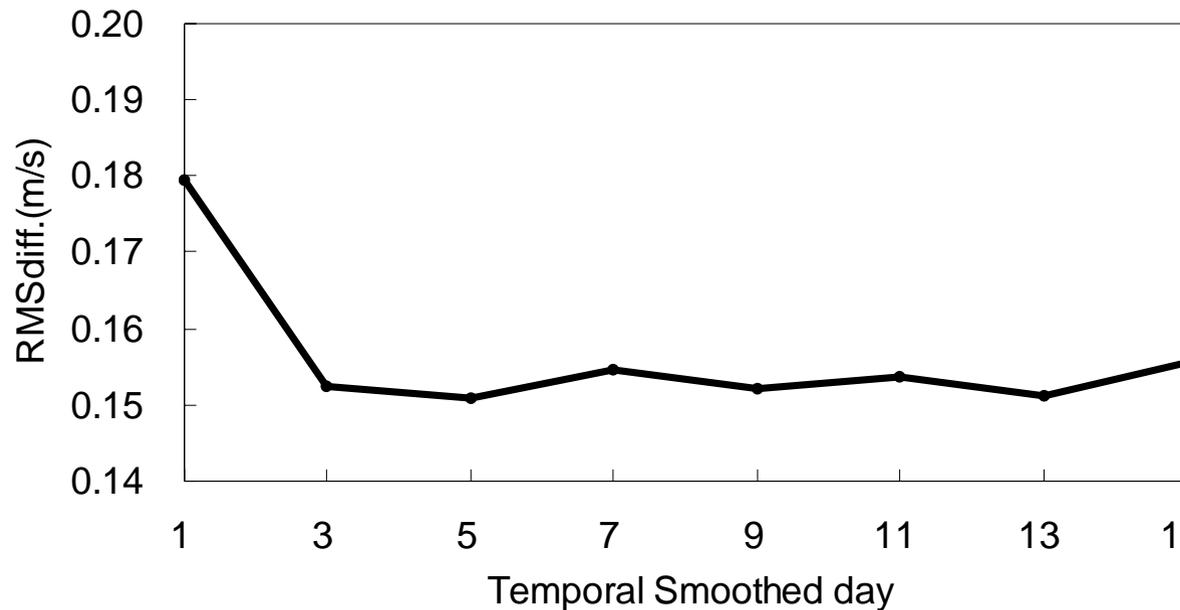
- ある測点の時系列

流速に短周期変動があるが、時間平均によって改善

0-1.0 m/s
0-0.75 m/s
0-0.50 m/s
0-0.25 m/s

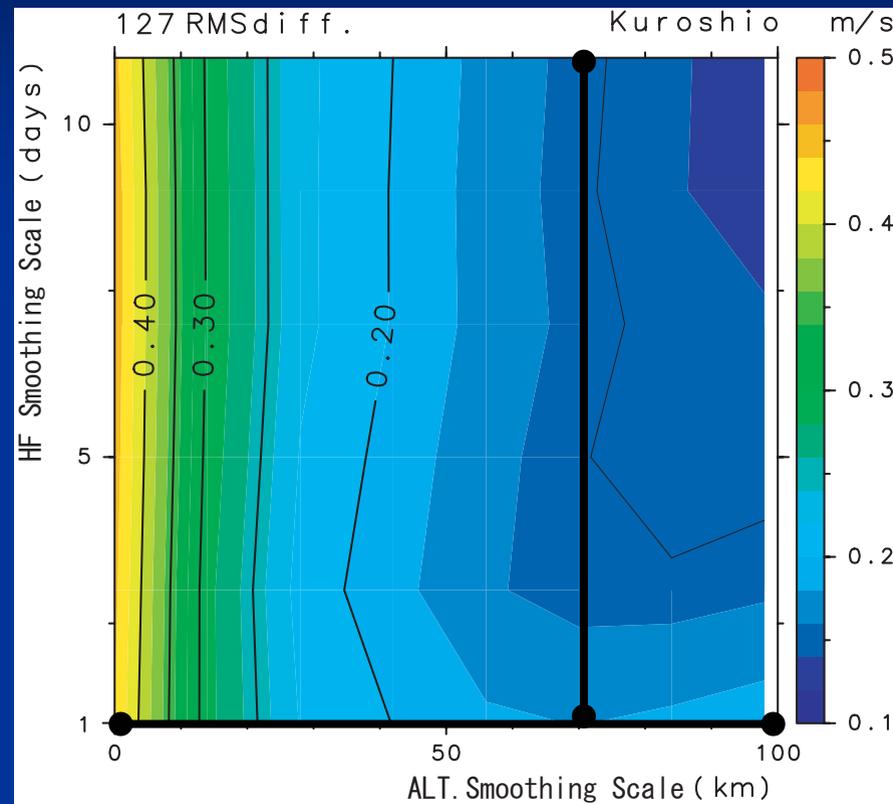


黒潮領域の時間スケール



- HF流速を測点で時間平均することによって、両者の差のRMSは減少する
- 3日平均することによって、HF流速の非地衡流成分が除去

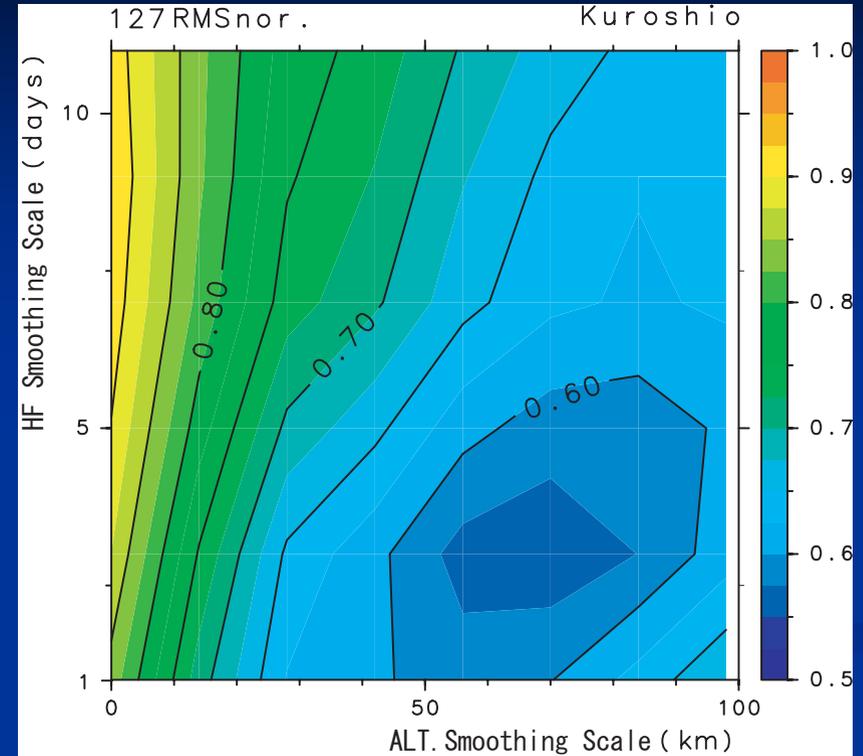
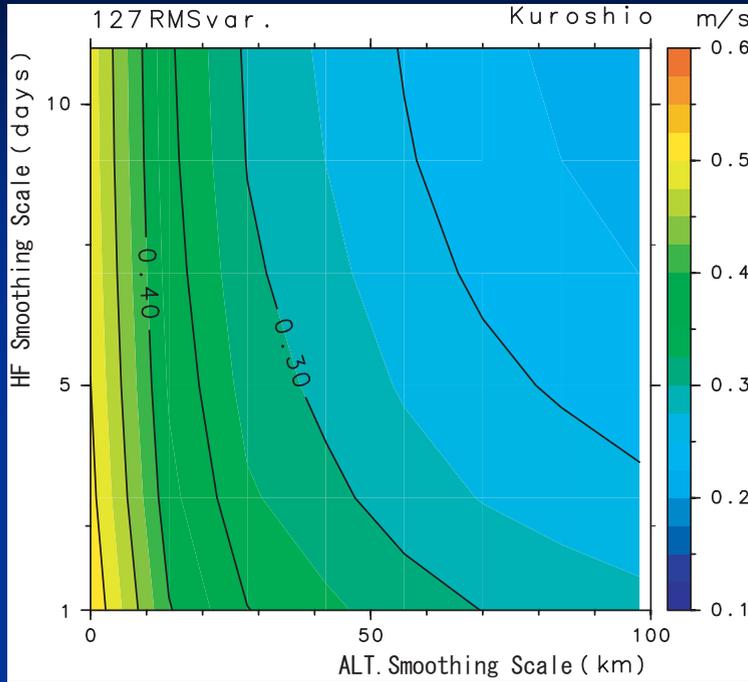
時空間平均の組み合わせ



- 黒潮域での両者のRMS差をプロット
 - 横軸に V_{alt} の空間平均距離、縦軸に V_{HF} の時間平均日数
- 全般的に、平均するほど(右上ほど)RMS差は小さくなる傾向
- ただし、一般に平滑化によって変動強度そのものが下がるため、RMS差も小さくなる
 - 規格化する必要

$$RMSdiff. = \sqrt{\frac{\sum (V_{alt.} - V_{HF})^2}{N}}$$

両者の流速差の規格化



規格化したRMS値

$$RMS\ var. = \sqrt{\frac{\sum V_{alt.}^2}{N} + \frac{\sum V_{HF}^2}{N}}$$

- V_{HF} と V_{alt} から分散を求め、RMS差を規格化
- 規格化したRMS差は、右下部に斜めに極小域が出現
- 最小値は、3日・70kmの平均の場合

目が最小となるのは、北地衡流成分が時間平均によって落ちるためと考えられる

まとめ

- HFレーダから計測された表面流速と、海面高度偏差(SSHA)から求めた地衡流速を比較した
- 格子化された両者の流速を比較した場合、海域の現象スケールによって、空間平滑化の影響がある
 - 黒潮域:現象の空間スケールが小さいため、HFレーダの表面流速より、高度計の地衡流速が過小評価される
 - 外洋域:現象の空間スケールが大きいため、HFレーダの表面流速と高度計の地衡流速はほぼ同じ
- 黒潮域で軌道沿いに両者の流速を比較した場合、SSHAをFootprint距離で、HF表面流速をおおよそ3日平均すると、両者の流速値は最もよく一致